

**ANALISIS KELELAHAN SAMBUNGAN *FILLET WELD* PADA
SIDE SHELL BERBASIS *HOTSPOT STRESS* DAN *FRACTURE*
MECHANICS: STUDI TINJAUAN REGULASI BKI**

TUGAS AKHIR



SKRIPSI

Muhammad Rizky

2201030009

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI MARITIM
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG**

2026

**ANALISIS KELELAHAN SAMBUNGAN *FILLET WELD* PADA
SIDE SHELL BERBASIS *HOTSPOT STRESS* DAN *FRACTURE*
MECHANICS: STUDI TINJAUAN REGULASI BKI**

Tugas Akhir

Skema Skripsi

Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana

Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan



Muhammad Rizky

2201030009

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI MARITIM
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rizky

NIM : 2201030009

Tempat, Tanggal Lahir : Batam, 26 Mei 2004

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya penelitian yang berjudul "Analisis Kelelahan Sambungan *Fillet Weld* pada *Side Shell* Berbasis *Hotspot Stress* dan *Fracture Mechanics*: Studi Tinjauan Regulasi BKI" adalah benar hasil karya atau skripsi saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari Peneliti lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Jika dikemudian hari ternyata terbukti pernyataan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 1 Juli 2026

Yang menyatakan



Muhammad Rizky
NIM. 2201030009

The logo of Universitas Maritim Raja Ali Haji is a circular emblem. It features a blue outer ring with the university's name in yellow capital letters. Inside the ring is a yellow triangle with a green vertical line and a red horizontal line intersecting at its base. Below the triangle are blue wavy lines representing water. The text "UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI" is written along the top inner edge of the blue ring, and "DAN BERTANYA TIDAK BERTAKUT" is written along the bottom inner edge.

© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang- Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.

HALAMAN PERSETUJUAN

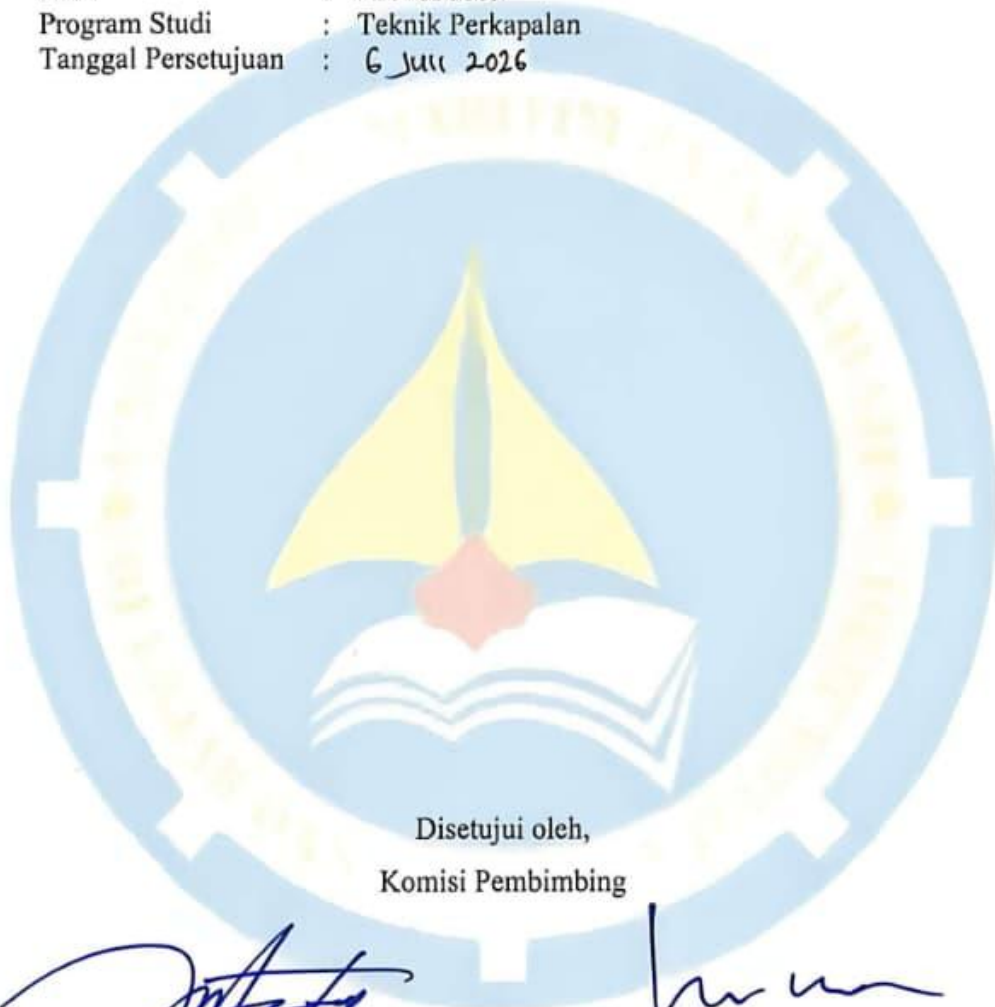
Judul : ANALISIS KELELAHAN SAMBUNGAN *FILLET WELD* PADA *SIDE SHELL* BERBASIS *HOTSPOT STRESS* DAN *FRACTURE MECHANICS*: STUDI TINJAUAN REGULASI BKI

Nama : Muhammad Rizky

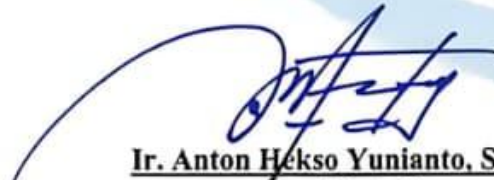
NIM : 2201030009

Program Studi : Teknik Perkapalan

Tanggal Persetujuan : 6 Juli 2026



Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing


Ir. Anton Hekso Yuniarto, S.T., M.Si
(Ketua)


Prof. Indra Putra Almanar, Ph.D
(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : ANALISIS KELELAHAN SAMBUNGAN
FILLET WELD PADA *SIDE SHELL* BERBASIS
HOTSPOT STRESS DAN *FRACTURE*
MECHANICS: STUDI TINJAUAN REGULASI
BKI

Nama : Muhammad Rizky

NIM : 2201030009

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk melaksanakan tugas akhir dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Jurusan Teknologi Industri Maritim, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Deny Nusyirwan, S.T., M.Sc.	(.....)
Anggota I	: Ir. Eko Prayetno, S.T., M.Eng.	(.....)
Anggota II	: Muhd. Ridho Baihaque, S.T., M.Sc.	(.....)
Anggota III	: Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si.	(.....)
Anggota IV	: Prof. Indra Putra Almanar, Ph. D	(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknologi Industri Maritim



Deny Nusyirwan, S.T., M.Sc
NIP. 197803162024211006

Tanggal Ujian: 8 Juli 2026

Tanggal Lulus: 6 Agustus 2026

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dipersembahkan kepada Ibu dan Adik-adik atas segala dukungan dan doa



HALAMAN MOTO

“Cukuplah Allah bagiku”



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Kelelahan Sambungan *Fillet Weld* pada *Side Shell* Berbasis *Hotspot Stress* dan *Fracture Mechanics*: Studi Tinjauan Regulasi BKI" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian penelitian tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara moral, serta doa dan motivasi yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
3. Ibu Nefita Nikentari, Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
4. Ibu Nola Ritha, S.T., M.Cs. selaku Wakil Dekan Bidang Keuangan dan Umum Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
5. Bapak Muhd. Ridho Baihaque, S.T., M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
6. Bapak Ir. Anton Hekso Yunianto, S.T., M.Si. selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Prof. Indra Putra Almanar, Ph.D selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman penulis Raihan, Aldi, Riski, Tristan, Gilang, Muhar, Sisil, Beber, Eka dan Ardhi yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Tanjungpinang, 1 Juli 2026



Muhammad Rizky

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTO	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Penelitian	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN LITERATUR	6
A. Penelitian Terdahulu	6
B. Karakteristik Struktur Kapal <i>Double Hull</i>	11
1. Konfigurasi Lambung Ganda (<i>Double Hull</i>)	11
2. Titik Kritis pada Sambungan Penumpu Melintang (<i>Web Frame</i>)	12
C. Karakteristik Beban Siklik Hidrodinamik.....	12
D. Mekanisme Perambatan Retak dan Kelelahan Sambungan.....	13

1.	<i>Cyclic Loading</i>	14
2.	Kurva S–N (<i>stress–life curve</i>).....	16
3.	<i>Cycle of Fatigue</i>	19
E.	Kelelahan pada Sambungan Las	20
1.	Karakteristik Kelelahan pada Sambungan Las	20
2.	Pengaruh Tegangan Sisa dan Geometri Las	21
3.	Konsentrasi Tegangan pada <i>Weld toe</i>	22
F.	Metode <i>Hotspot stress</i> dalam Analisis Kelelahan Sambungan Las	23
1.	Prinsip Penentuan Hotspot Stress	24
2.	Relevansi <i>Hotspot Stress</i> pada Struktur Kapal	25
3.	Kelebihan Metode <i>Hotspot stress</i>	25
G.	Pendekatan <i>Fracture Mechanics</i>	26
1.	Prinsip <i>Stress Intensity Factor (ΔK)</i>	27
2.	Hukum Paris dalam Pertumbuhan Retak	27
3.	Estimasi Siklus Menuju <i>Fracture</i> Berdasarkan Integrasi Hukum Paris	28
H.	Hubungan <i>Hotspot Stress</i> dan <i>Fracture Mechanics</i>	29
I.	Regulasi Biro Klasifikasi Indonesia	29
J.	Klasifikasi Daerah Pelayaran Berdasarkan BKI	31
K.	<i>Software</i> Penelitian dan Analisis.....	32
BAB III	METODE PENELITIAN.....	34
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	34
B.	Prosedur Penelitian.....	34
C.	Data Geometri dan Struktur	37
D.	Pemodelan Geometri Sambungan <i>fillet weld</i>	38

E.	Properti Material dan Model Material.....	40
F.	Strategi Meshing dan Kriteria Konvergensi.....	41
G.	Kondisi Pembebanan.....	41
H.	Metode Penentuan <i>Hotspot stress</i>	42
I.	Analisis Kelelahan Sambungan.....	43
1.	Analisis Menggunakan Kurva S–N	43
2.	Analisis Menggunakan <i>Fracture Mechanics</i>	44
3.	Kriteria Umur <i>Fatigue</i>	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
A.	Permodelan Struktur.....	45
1.	Permodelan Geometri Struktur	45
2.	Validasi Dimensi Struktur terhadap Regulasi BKI.....	46
3.	Permodelan Geometri <i>Fillet Weld</i>	50
4.	Hasil Permodelan Global dan Identifikasi Area Kritis	51
B.	Analisis Distribusi Tegangan (<i>Hotspot Stress</i>)	54
1.	Perhitungan Pembebanan Berdasarkan regulasi BKI.....	54
2.	Strategi Meshing dan Studi Konvergensi	58
3.	Hasil.....	61
C.	Prediksi Umur Kelelahan sambungan berdasarkan Kurva S-N.....	67
D.	Analisis Perambatan Retak (<i>Fracture Mechanics</i>)	69
E.	<i>Fatigue life</i>	73
1.	Estimasi Umur Berdasarkan Kurva S–N.....	74
2.	Estimasi Umur Berdasarkan <i>Fracture Mechanics</i>	74
3.	Perbandingan N_i dan N_f terhadap Kriteria Desain	74
4.	Estimasi umur sambungan	75
F.	Pembahasan.....	76

BAB V SIMPULAN DAN SARAN	81
A. Simpulan	81
B. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83



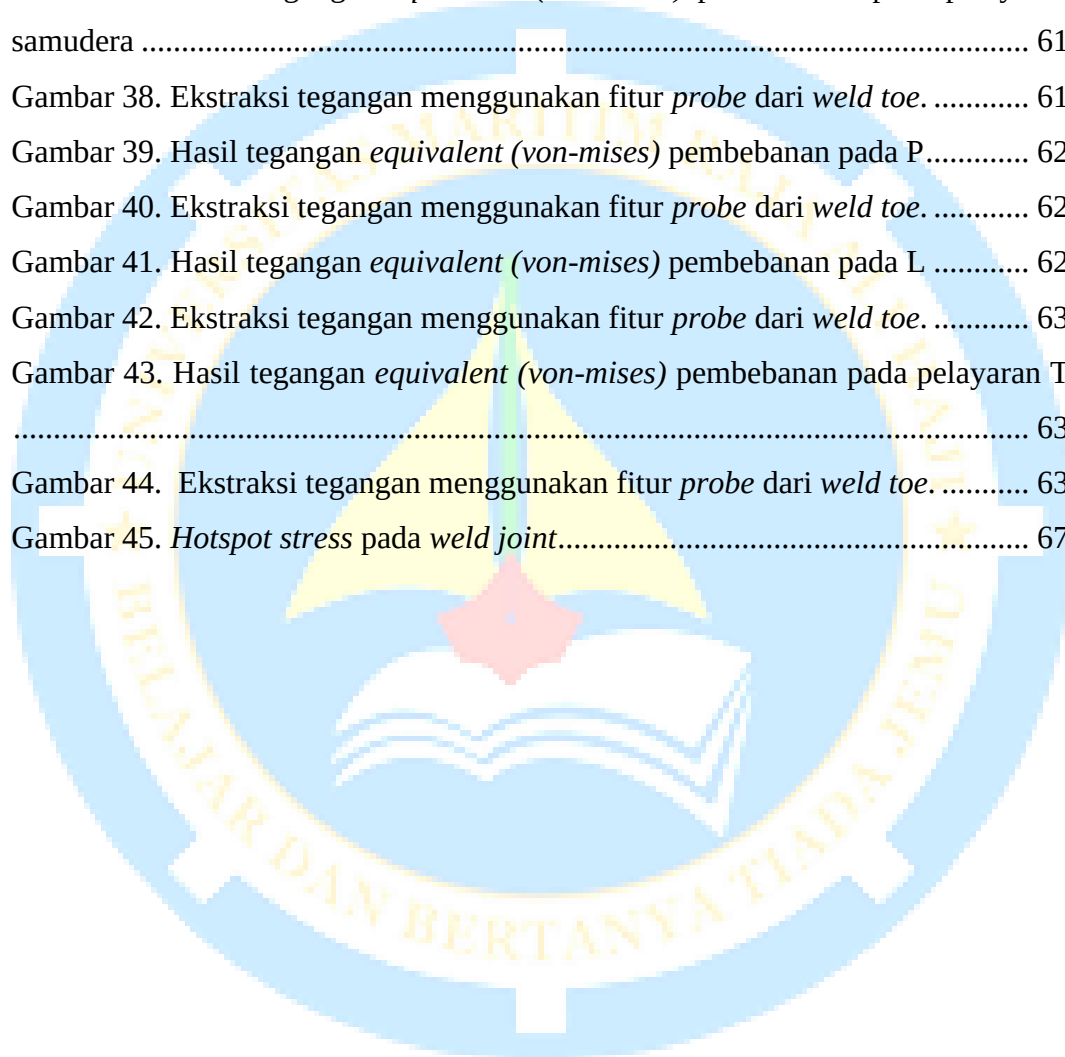
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	9
Tabel 2. Katalog detail sambungan las dan <i>FAT</i> BKI.....	18
Tabel 3. Dimensi kapal	37
Tabel 4. Dimensi struktur lambung.....	38
Tabel 5. Parameter material	40
Tabel 6. Jenis pembebanan siklik pada kapal	42
Tabel 7. Dimensi kapal	45
Tabel 8. Dimensi Struktur	46
Tabel 9. <i>annex sectional properties of section and girder</i>	50
Tabel 10. satuan beban sisi	55
Tabel 11. Variabel beban sisi	56
Tabel 12. Validasi antara BKI dan hasil analisis	58
Tabel 13. Hasil Studi Konvergensi Mesh pada Area <i>Weld Toe</i>	60
Tabel 14. Nilai tegangan pada titik daerah <i>hotspot stress</i>	64
Tabel 15. Nilai tegangan pada titik daerah <i>hotspot stress</i>	65
Tabel 16. Nilai tegangan pada daerah <i>hotspot stress</i>	65
Tabel 17. Nilai tegangan pada daerah <i>hotspot stress</i>	66
Tabel 18. Nilai tegangan hasil ekstrapolasi pada <i>Toe</i>	66
Tabel 19. Jumlah siklus hasil perhitungan kurva <i>S-N</i>	69
Tabel 20. Rasio kedalaman retak	70
Tabel 21. Nilai batas ac terhadap K_{IC}	71
Tabel 22. Nilai <i>Stress intensity factor</i>	71
Tabel 23. Jumlah siklus N_f	72
Tabel 24. Jumlah siklus hasil perhitungan <i>Fracture Mechanics</i>	72
Tabel 25. Estimasi siklus berdasarkan Kurva <i>S-N</i>	74
Tabel 26. Estimasi siklus berdasarkan <i>Fracture Mechanics</i>	74
Tabel 27. perbandingan siklus.....	75
Tabel 28. <i>Fatigue life</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lambung ganda	11
Gambar 2. Rambatan retak.....	14
Gambar 3. Contoh Rasio Cyclic Loading	16
Gambar 4. Contoh Kurva S-N.....	16
Gambar 5. Perambatan retak	21
Gambar 6. Metode pengelasan sudut (<i>fillet weld</i>).....	23
Gambar 7. Analisis <i>hotspot stress</i>	24
Gambar 8. Biro Klasifikasi Indonesia.....	30
Gambar 9. Software AutoCAD	32
Gambar 10. Software ANSYS	33
Gambar 11. Laboratorium Teknik Perkapalan UMRAH.....	34
Gambar 12. Tampak depan Laboratorium Teknik Perkapalan UMRAH	34
Gambar 13. Geometri lambung kapal	37
Gambar 14. Contoh geometri <i>fillet weld</i>	39
Gambar 15. Metode pengelasan sudut (<i>fillet weld</i>).....	40
Gambar 16. <i>Lines plan</i> kapal CPO Chemical Barge	45
Gambar 17. <i>Part of cargo</i> kapal CPO Chemical Barge.....	46
Gambar 18. Ketebalan pelat <i>side shell</i>	50
Gambar 19. Permodelan <i>fillet weld</i> pada <i>side shell</i>	51
Gambar 20. Model struktur <i>global half-breadth cargo hold</i> CPO	51
Gambar 21. Deformasi total pada cargo	52
Gambar 22. Distribusi energi regangan pada struktur lambung sisi	52
Gambar 23. Pengukuran <i>deformation probe</i>	53
Gambar 24. Isolasi area kritis pada <i>web frame side shell</i>	53
Gambar 25. Pemodelan detail <i>web frame</i> dengan elemen sambungan las.....	54
Gambar 26. Representasi parameter gelombang linier daerah pelayaran samudera	57
Gambar 27. Representasi parameter gelombang linier daerah pelayaran P	57
Gambar 28. Representasi parameter gelombang linier daerah pelayaran L.....	57
Gambar 29. Representasi parameter gelombang linier daerah pelayaran T.....	58
Gambar 30. <i>Mesh quality</i> dan detail	59

Gambar 31. <i>Mesh</i> kontur.....	59
Gambar 32. Distribusi tegangan.....	59
Gambar 33. Nilai tegangan pada meshing 15 mm	60
Gambar 34. Nilai tegangan pada meshing 10 mm	60
Gambar 35. Nilai tegangan pada meshing 7 mm	60
Gambar 36. Nilai tegangan pada meshing 5 mm	60
Gambar 37. Hasil tegangan <i>equivalent (von-mises)</i> pembebanan pada pelayaran samudera	61
Gambar 38. Ekstraksi tegangan menggunakan fitur <i>probe</i> dari <i>weld toe</i>	61
Gambar 39. Hasil tegangan <i>equivalent (von-mises)</i> pembebanan pada P.....	62
Gambar 40. Ekstraksi tegangan menggunakan fitur <i>probe</i> dari <i>weld toe</i>	62
Gambar 41. Hasil tegangan <i>equivalent (von-mises)</i> pembebanan pada L	62
Gambar 42. Ekstraksi tegangan menggunakan fitur <i>probe</i> dari <i>weld toe</i>	63
Gambar 43. Hasil tegangan <i>equivalent (von-mises)</i> pembebanan pada pelayaran T	63
Gambar 44. Ekstraksi tegangan menggunakan fitur <i>probe</i> dari <i>weld toe</i>	63
Gambar 45. <i>Hotspot stress</i> pada <i>weld joint</i>	67



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil turnitin karya	86
Lampiran 2. Data kapal objek penelitian	87
Lampiran 3. Prosedur analisis	89

